

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11112819 A**(43) Date of publication of application: **23.04.99**

(51) Int. Cl. **H04N 1/60**
G06T 1/00
G09G 5/00
G09G 5/06
H04N 1/46

(21) Application number: **09265334**(71) Applicant: **FUJI PHOTO FILM CO LTD**(22) Date of filing: **30.09.97**(72) Inventor: **OKUBO AKIHITO**

(54) **COLOR CONVERSION LOOKUP TABLE, PREPARATION METHOD AND DEVICE THEREFOR AND COLOR CONVERSION METHOD AND DEVICE FOR IMAGE USING THE SAME.**

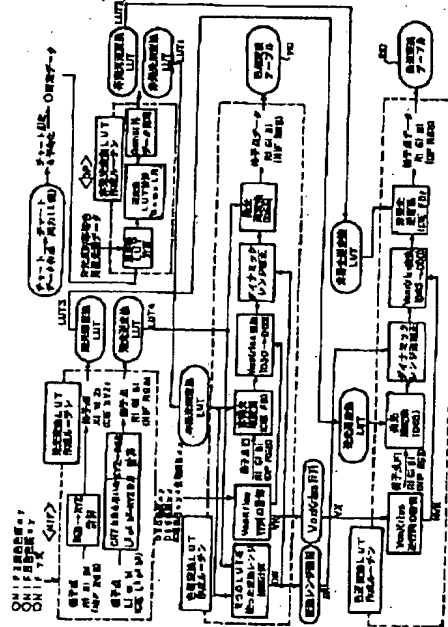
correspondence relation of the data for converting the data for the printing/CRT images of RGB to the data for the CRT/printing images of RGB is stored as a color order/inverse conversion table 110/210.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prepare a color conversion LUT(lookup table) referred to at the time of mutually converting image data so as to view printing images and CRT images in the same color.

SOLUTION: Conversion tables LUT1-LUT4 for indicating the correspondence relation of the data of the RGB(red, green and blue) color group and XYZ color group of the data for the printing images and the data for the CRT images are respectively obtained, conversion range information DR is prepared based on the conversion tables LUT1-LUT4, the color characteristics of the printing images or the like are inputted and the parameter VK/NVK of a color adaptation model is set. Many lattice point data E_i/F_i are set with a prescribed interval, dynamic range correction/inverse correction and the color conversion of the image data corresponding to the color adaptation model are performed based on the conversion tables LUT1-LUT4, the parameter VK/NVK and the conversion range information DR for the respective set lattice point data E_i/F_i and the



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-112819

(43)公開日 平成11年(1999) 4月23日

(51)Int.Cl.⁸
H 0 4 N 1/60
G 0 6 T 1/00
G 0 9 G 5/00
5 2 0
5/06
H 0 4 N 1/46

識別記号

F I
H 0 4 N 1/40
G 0 9 G 5/00
5/06
G 0 6 F 15/66
H 0 4 N 1/46
D
5 2 0 V
N
Z

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 23 頁)

(21)出願番号 特願平9-265334

(22)出願日 平成9年(1997) 9月30日

(71)出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社
神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者 大久保 彰人

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富
士写真フイルム株式会社内

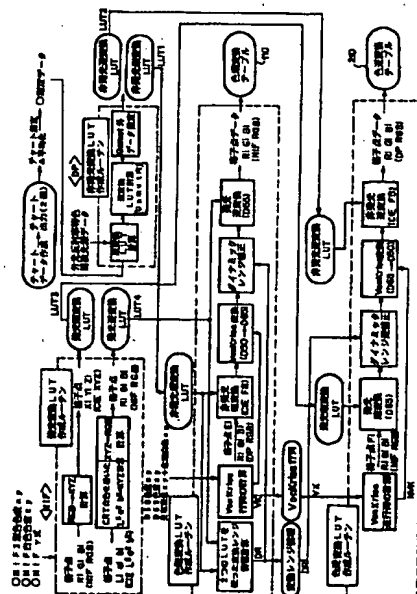
(74)代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54)【発明の名称】 色変換ルックアップテーブル並びにその作成方法および装置並びにそれを用いた画像の色変換方法および装置

(57)【要約】

【課題】 プリント画像とCRT画像とが同じ色の見え方となるように、相互に画像データの変換を行うに際して参照される色変換LUTを作成する。

【解決手段】 プリント画像用データとCRT画像用データの各々のRGB表色系とXYZ表色系のデータとの対応関係を表す変換テーブルLUT1~4を各々求め、変換テーブルLUT1,4に基づいて変換レンジ情報DRを作成し、プリント画像の色特性などを入力して色順応モデルのパラメータVK/NVKを設定する。所定間隔で多数の格子点データEi/Fiを設定し、設定された格子点データEi/Fi毎に、変換テーブルLUT1~4、パラメータVK/NVK、変換レンジ情報DRに基づいて、ダイナミックレンジ補正/逆補正と、色順応モデルに従った画像データの色変換とを行いRGBのプリント/CRT画像用データをRGBのCRT/プリント画像用データに変換するデータの対応関係を色順/逆変換テーブル110/210として記憶する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 発光表示媒体に表示された画像と非発光表示媒体に表示された画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、前記非発光表示媒体の画像データを前記発光表示媒体の画像データに変換するに際して参照される、両画像データの対応関係を表す色変換ルックアップテーブルであって、

前記非発光表示媒体が表示し得る画像の明るさの範囲が前記発光表示媒体が表示し得る画像の明るさの範囲と略同等になるように、前記非発光表示媒体の画像データのダイナミックレンジを前記発光表示媒体の画像データのダイナミックレンジに変換するダイナミックレンジ補正機能と、

前記発光表示媒体に表示された画像と前記非発光表示媒体に表示された画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、色順応モデルに従って、前記非発光表示媒体の画像データを前記発光表示媒体の画像データに変換する色変換機能とを備えたことを特徴とする色変換ルックアップテーブル。

【請求項2】 請求項1記載の色変換ルックアップテーブルを作成する方法であって、

前記非発光表示媒体に再現され得る色データを、第1表色系データから第2表色系データに変換するときの第1の対応関係を求め、

前記発光表示媒体に再現され得る色データを、前記第2の表色系データから前記第1表色系のデータに変換するときの第2の対応関係を求め、

前記非発光表示媒体に再現され得る色データごとに、前記第1および第2の対応関係に基づいて、該色データのダイナミックレンジを前記発光表示媒体に再現され得る色データのダイナミックレンジに変換するダイナミックレンジ補正と、前記発光表示媒体に表示される画像と前記非発光表示媒体に表示される画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、色順応モデルにしたがって、前記非発光表示媒体に再現され得る色データを前記発光表示媒体に再現され得る色データに変換する色変換とを行い、

前記非発光表示媒体に再現され得る色データと、前記ダイナミックレンジ補正および前記色変換が行われた前記発光表示媒体に再現され得る色データとを対応づけて記憶することを特徴とする色変換ルックアップテーブル作成方法。

【請求項3】 前記色変換が、

前記第1の対応関係に基づいて、前記非発光表示媒体に再現され得る色データの第1表色系データを第2表色系データに順変換し、

該変換された第2表色系データに対して、色順応モデルに従った色順応変換を行い、

前記第2の対応関係に基づいて、該色順応変換が行われたデータを前記第1表色系データに逆変換することを特

徴とする請求項2記載の色変換ルックアップテーブル作成方法。

【請求項4】 前記ダイナミックレンジ補正が、前記第1および前記第2の対応関係に基づいて変換レンジ情報を作成し、

前記色順応変換過程と前記逆変換過程との間または前記順変換過程と前記色順応変換過程との間に介在して、該変換レンジ情報に基づいて、前記色順応変換または前記順変換が行われたデータを変換することを特徴とする請求項3記載の色変換ルックアップテーブル作成方法。

【請求項5】 前記第1の対応関係が、色再現域外データ推定法およびN-R法を用いた逆変換演算を用いて求められるものであることを特徴とする請求項2から4いずれか1項記載の色変換ルックアップテーブル作成方法。

【請求項6】 請求項1記載の色変換ルックアップテーブルを作成する装置であって、

前記非発光表示媒体に再現され得る色データを、第1表色系データから第2表色系データに変換するときの第1の対応関係を求める手段と、

前記発光表示媒体に再現され得る色データを、前記第2の表色系データから前記第1表色系のデータに変換するときの第2の対応関係を求める手段と、

前記非発光表示媒体に再現され得る色データごとに、前記第1および第2の対応関係に基づいて、該色データのダイナミックレンジを前記発光表示媒体に再現され得る色データのダイナミックレンジに変換するダイナミックレンジ補正を行うダイナミックレンジ補正手段と、

前記発光表示媒体に表示される画像と前記非発光表示媒体に表示される画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、色順応モデルにしたがって、前記非発光表示媒体に再現され得る色データを前記発光表示媒体に再現され得る色データに変換する色変換とを行う色変換手段と、

前記非発光表示媒体に再現され得る色データと、前記ダイナミックレンジ補正および前記色変換が行われた前記発光表示媒体に再現され得る色データとを対応づけて記憶する記憶手段とを備えたことを特徴とする色変換ルックアップテーブル作成装置。

【請求項7】 前記色変換手段が、

前記第1の対応関係に基づいて、前記非発光表示媒体に再現され得る色データの第1表色系データを第2表色系データに順変換する順変換手段と、

該変換された第2表色系データに対して、色順応モデルに従った色順応変換を行う色順応変換手段と、

前記第2の対応関係に基づいて、該色順応変換が行われたデータを前記第1表色系データに逆変換する逆変換手段とを備えてなることを特徴とする請求項6記載の色変換ルックアップテーブル作成装置。

【請求項8】 前記ダイナミックレンジ補正手段が、

前記第1および前記第2の対応関係に基づいて変換レンジ情報を作成する変換レンジ情報作成手段を備え、前記色順応変換過程と前記逆変換過程との間または前記順変換過程と前記色順応変換過程との間に介在して、該変換レンジ情報に基づいて、前記色順応変換または前記順変換が行われたデータを変換する手段であることを特徴とする請求項7記載の色変換ルックアップテーブル作成装置。

【請求項9】 前記第1の対応関係を求める手段が、色再現域外データ推定手段およびN-R法を用いた逆変換演算手段を備えてなることを特徴とする請求項6から8のいずれか1項記載の色変換ルックアップテーブル作成装置。

【請求項10】 請求項1記載の色変換ルックアップテーブルを参照して非発光表示媒体の画像データを発光表示媒体の画像データに変換することを特徴とする画像の色変換方法。

【請求項11】 請求項1記載の色変換ルックアップテーブルを参照して非発光表示媒体の画像データを発光表示媒体の画像データに変換する画像データ変換手段を備えたことを特徴とする画像の色変換装置。

【請求項12】 発光表示媒体に表示された画像と非発光表示媒体に表示された画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、前記発光表示媒体の画像データを前記非発光表示媒体の画像データに変換するに際して参照される、両画像データの対応関係を表す色変換ルックアップテーブルであって、

前記発光表示媒体が表示し得る画像の明るさの範囲が前記非発光表示媒体が表示し得る画像の明るさの範囲と略同等になるように、前記発光表示媒体の画像データのダイナミックレンジを前記非発光表示媒体の画像データのダイナミックレンジに変換するダイナミックレンジ補正機能と、

前記非発光表示媒体に表示された画像と前記発光表示媒体に表示された画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、色順応モデルに従って、前記発光表示媒体の画像データを前記非発光表示媒体の画像データに変換する色変換機能を備えたことを特徴とする色変換ルックアップテーブル。

【請求項13】 請求項12記載の色変換ルックアップテーブルを作成する方法であって、

前記発光表示媒体に再現され得る色データを、第1表色系データから第2表色系データに変換するときの第1の対応関係を求め、

前記非発光表示媒体に再現され得る色データを、前記第2の表色系データから前記第1表色系のデータに変換するときの第2の対応関係を求め、

前記発光表示媒体に再現され得る色データごとに、前記第1および第2の対応関係に基づいて、該色データのダイナミックレンジを前記非発光表示媒体に再現され得る

色データのダイナミックレンジに変換するダイナミックレンジ補正と、

前記非発光表示媒体に表示される画像と前記発光表示媒体に表示される画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、色順応モデルにしたがって、前記発光表示媒体に再現され得る色データを前記非発光表示媒体に再現され得る色データに変換する色変換とを行い、前記発光表示媒体に再現され得る色データと、前記ダイナミックレンジ補正および前記色変換が行われた前記非発光表示媒体に再現され得る色データとを対応づけて記憶することを特徴とする色変換ルックアップテーブル作成方法。

【請求項14】 前記色変換が、

前記第1の対応関係に基づいて、前記発光表示媒体に再現され得る色データの第1表色系データを第2表色系データに順変換し、

該変換された第2表色系データに対して、色順応モデルに従った色順応変換を行い、

前記第2の対応関係に基づいて、該色順応変換が行われたデータを前記第1表色系データに逆変換することを特徴とする請求項13記載の色変換ルックアップテーブル作成方法。

【請求項15】 前記ダイナミックレンジ補正が、

前記第1および前記第2の対応関係に基づいて変換レンジ情報を作成し、

前記色順応変換過程と前記逆変換過程との間または前記順変換過程と前記色順応変換過程との間に介在して、該変換レンジ情報に基づいて、前記色順応変換または前記順変換が行われたデータを変換することを特徴とする請求項13または14記載の色変換ルックアップテーブル作成方法。

【請求項16】 前記変換レンジ情報が、請求項4に記載の色変換ルックアップテーブル作成方法において用いられる変換レンジ情報と同一のものであることを特徴とする請求項15記載の色変換ルックアップテーブル作成方法。

【請求項17】 前記第1の対応関係が、色再現域外データ推定法およびN-R法を用いた逆変換演算を用いて求められるものであることを特徴とする請求項13から16のいずれか1項記載の色変換ルックアップテーブル作成方法。

【請求項18】 請求項12記載の色変換ルックアップテーブルを作成する装置であって、

前記発光表示媒体に再現され得る色データを、第1表色系データから第2表色系データに変換するときの第1の対応関係を求める手段と、

前記非発光表示媒体に再現され得る色データを、前記第2の表色系データから前記第1表色系のデータに変換するときの第2の対応関係を求める手段と、

前記発光表示媒体に再現され得る色データごとに、前記

10

20

30

40

50

第1および第2の対応関係に基づいて、該色データのダイナミックレンジを前記非発光表示媒体に再現され得る色データのダイナミックレンジに変換するダイナミックレンジ補正を行うダイナミックレンジ補正手段と、

前記非発光表示媒体に表示される画像と前記発光表示媒体に表示される画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、色順応モデルにしたがって、前記発光表示媒体に再現され得る色データを前記非発光表示媒体に再現され得る色データに変換する色変換とを行う色変換手段と、

前記発光表示媒体に再現され得る色データと、前記ダイナミックレンジ補正および前記色変換が行われた前記非発光表示媒体に再現され得る色データとを対応づけて記憶する記憶手段とを備えたことを特徴とする色変換ルックアップテーブル作成装置。

【請求項19】 前記色変換手段が、

前記第1の対応関係に基づいて、前記発光表示媒体に再現され得る色データの第1表色系データを第2表色系データに順変換する順変換手段と、

該変換された第2表色系データに対して、色順応モデルに従った色順応変換を行う色順応変換手段と、

前記第2の対応関係に基づいて、該色順応変換が行われたデータを前記第1表色系データに逆変換する逆変換手段とを備えてなることを特徴とする請求項18記載の色変換ルックアップテーブル作成装置。

【請求項20】 前記ダイナミックレンジ補正手段が、前記第1および前記第2の対応関係に基づいて変換レンジ情報を作成する変換レンジ情報作成手段を備え、前記色順応変換過程と前記逆変換過程との間または前記順変換過程と前記色順応変換過程との間に介在して、該変換レンジ情報に基づいて、前記色順応変換または前記順変換が行われたデータを変換する手段であることを特徴とする請求項19記載の色変換ルックアップテーブル作成装置。

【請求項21】 前記変換レンジ情報作成手段が、請求項8記載の色変換ルックアップテーブル作成装置における変換レンジ情報作成手段を兼ねるものであり、前記変換レンジ情報が、請求項15記載の色変換ルックアップテーブル作成方法において用いられる変換レンジ情報と同一のものであることを特徴とする請求項20記載の色変換ルックアップテーブル作成装置。

【請求項22】 前記第1の対応関係を求める手段が、N-R法を用いた逆変換演算手段および色再現域外データ推定手段とを備えてなることを特徴とする請求項18から21のいずれか1項記載の色変換ルックアップテーブル作成装置。

【請求項23】 請求項12記載の色変換ルックアップテーブルを参照して発光表示媒体の画像データを非発光表示媒体の画像データに逆変換することを特徴とする画像の色変換方法。

【請求項24】 請求項12記載の色変換ルックアップテーブルを参照して発光表示媒体の画像データを非発光表示媒体の画像データに逆変換する画像データ逆変換手段を備えたことを特徴とする画像の色変換装置。

【請求項25】 請求項1記載の色変換ルックアップテーブルを参照して非発光表示媒体の画像データを発光表示媒体の画像データに変換し、該変換された発光表示媒体の画像データを請求項12記載の色変換ルックアップテーブルを参照して非発光表示媒体の画像データに逆変換することを特徴とする画像の色変換方法。

【請求項26】 請求項1記載の色変換ルックアップテーブルを参照して非発光表示媒体の画像データを発光表示媒体の画像データに変換する画像データ変換手段と、該変換された発光表示媒体の画像データを請求項12記載の色変換ルックアップテーブルを参照して非発光表示媒体の画像データに逆変換する画像データ逆変換手段とを備えたことを特徴とする画像の色変換装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、フィルムや写真などの非発光表示媒体から読み取られたデジタル画像データをCRT表示装置や液晶表示装置などの発光表示媒体に表示した場合、およびデジタルカメラなどにより取得された発光表示媒体に表示されるデジタル画像データを写真などの非発光表示媒体に表示した場合に、両画像における知覚される色の見え方が等しくなるように、両表示媒体の画像データを相互に変換するに際して参照される、両画像データの対応関係を表す色変換ルックアップテーブル、並びにこのルックアップテーブルを作成する方法および装置並びにこのルックアップテーブルを用いて両画像データを相互に変換して画像表示する方法および装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】フィルムや写真などの非発光表示媒体に記録されたハードコピー画像をスキャナなどにより読み取ってデジタルデータとしてユーザに提供したり、あるいはユーザがデジタルカメラなどにより取得したデジタルデータをプリントなどのハードコピー画像としてユーザに提供することが行われている。ユーザに提供されたデジタルデータやデジタルカメラにより取得されたデジタルデータは、ユーザがパソコンなどのCRT表示装置や液晶表示装置などの発光表示媒体に表示してソフトコピー画像として観察することができる。また、ユーザは提供されたデジタルデータをCRT表示装置などに表示し、これに文字や記号を加えるなどの加工を施し、この加工されたデジタル画像データを再度ハードコピーとして再現することも行われている。

【0003】一方、CRT表示装置などの発光表示媒体に表示したソフトコピー画像はハードコピー画像と全く異なる画像再現方式で表示されており、同じ画像データ

に基づいて画像表示させた場合であっても、これら表示媒体の種類の違いにより両画像の見え方が異なった色として視覚的に知覚されることが知られている。このため、ハードコピー画像とソフトコピー画像とにおいても、知覚される色見え方が等しくなるように画像の色を変換する方法が種々提案されている。

【0004】例えば、観察する条件（白色の相関色温度、輝度、周囲の環境など）を考慮して、ある観察条件で見た時の色を別の観察条件で見るとき、どのようにに変換すれば同じ色見え方を与えるかという変換方法については、一般に色順応変換、あるいは色順応モデル（カラーアピランスモデル）と呼ばれる変換方法に基づいて行うことが提案されている（特公平7-86814号、特公平7-86815号、Color Research and Application, Volume 19, Number 1, 1994, R.W.G.Hunt、同 Vol.20, No.3, 1995, N.Nayatani、同 Vol.16, No.4, 1991, M.D.Fairchild）。ここで、アピランスモデルとしては、Von Kriesの色順応予測式（Von Kries則）が多くの色順応予測式の基本的なものとして知られている（色彩工学、大田登、東京電機大学出版局、p186~217）。

【0005】また、本願出願人は、上述のように色順応モデルに従って、知覚される色見え方が等しくなるように画像の色を変換する際に行われる色補正において、測色誤差と色見え方の不一致とを補正することができる色補正方法を提案している（特願平8-329458号）。この方法は、ハードコピー画像およびソフトコピー画像として一致する測色値を持つ色のパッチをそれぞれ少なくとも1個出力し、両画像のパッチを観察者の観察位置から目視で比較し、両画像のパッチの色が異なって見える場合には、少なくとも一方の画像について、一致測色値から少しだけずらした測色値を持つパッチを出力して、目視で比較することを両画像のパッチの色が同じに見えるまで繰り返し、同じ色に見える両画像のパッチの各測色値に基づいて両画像の少なくとも一方の色補正を行うことにより、カラーアピランスの不一致を補正することができるものである。

【0006】さらに、このような色順応モデルに従った画像データの変換を行うに際しては、表示装置が直接取り扱う画像データを、一旦表示装置に依存しない表色系（第2表色系）の画像データに変換して色順応モデルに従った画像データの変換を行い、該変換されたデータを再度元の表色系（第1表色系）のデータに戻すことが行われるのが普通である。このような画像データを異なる表色系のデータに変換するに際して、高精度でデータ変換を行う方法も各種提案されている。例えば、N-R法（Newton-Raphson法）を用いて、解析式から逆変換関係を繰り返し演算により求める方法（PHOTOGRAPHIC SCIENCE AND ENGINEERING VOL.16 Num.2 Mar.-Apr. 1972 pp136-143）などである。また、本願出願人は、表示装置が直接取り扱う画像データを表示装置に依存しない表色系

の画像データに変換する順変換関係を用いて、色信号を第2表色系から第1表色系に高精度に変換することができる方法として、N-R法を用いた逆変換演算を行う方法を提案している（特願平7-156555号）。

【0007】この特願平7-156555号に記載された方法は、段階的に色の異なる複数のカラーパッチを測色することにより、色信号（CMYやRGB）と刺激値信号XYZとの関係を求めるとともに、この関係に最小自乗法を適用して第1の仮想色信号と第1仮想刺激値信号との関係を求め、これらの関係を順変換テーブルとして設定し、次いでニュートン法を用いて順変換テーブルから第1逆変換テーブルを作成し、さらに第1逆変換テーブルにおける第1仮想色信号と第1仮想刺激値信号との関係を物理的に整合性のある第2仮想色信号と第2仮想刺激値信号との関係に置き換えることにより、第1逆変換テーブルから第2逆変換テーブルを作成し、さらに第2逆変換テーブルをマッピングすることにより得られた逆変換テーブルを用いて刺激値信号XYZを色信号（CMYやRGB）に変換するものである。

【0008】一方、ソフトコピー画像とハードコピー画像とでは、色の再現範囲が異なることも知られており、発光表示媒体と非発光表示媒体との間で、上記色順応モデルに従って両画像データのデータ変換を行ったときに、一方の表示媒体で表示し得ない色が存在することがある。この問題を解決する一手法として、一方の表示媒体における色再現範囲外の画像データを色再現範囲内に写像する処理（Gamut Mapping。以下「Gamut処理」と称す。）が知られている。また、本願出願人は、Gamut処理を行うに際して、色再現域境界部近傍においても、画像データの変換後のデータに基づく表示画像の色に不自然さや大きな変動が生じることがないようにした色変換方法である“Gamut外データ推定法（本願出願人による特願平8-221542号）”を提案している。

【0009】この特願平8-221542号に記載された方法は、色再現域内での刺激値データXYZに対する色データCMYKの関係である逆変換関係を求めた後、色再現域の境界部分の色データCMYKを構成する色データKを色再現域外の色データに設定する一方、色再現域の境界部分の色データCMYを用いて重回帰分析法により色再現域外の色データCMYを推定して別の逆変換テーブルを生成し、この逆変換テーブルを用いて刺激値データXYZを色データCMYKに変換した後、色データCMYKを色再現域内に対して上記Gamut Mappingの手法によりマッピング処理するものである。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、ハードコピー画像およびソフトコピー画像において、知覚される色見え方が等しくなるように画像の色を変換する方法や、両画像の色の再現範囲が異なることに起因する問

題を解決する方法はそれぞれ個別に提案されているものの、ハードコピー画像からデジタル画像データを得てソフトコピー画像として再生したり、あるいはソフトコピー画像として再生されたデジタル画像データをハードコピー画像として再生するシステムに、これらを簡易な方法あるいは装置として適用するものは提案されていなかった。

【0011】本発明は、発光表示媒体の画像データと非発光表示媒体の画像データとのやりとりを行うに際して、同一画像情報に基づく両表示媒体に表示されたハードコピー画像とソフトコピー画像とにおいて、知覚される色の見え方が等しくなるように画像の色を相互に変換するとともに、変換された画像（画像データ）に対して何らかの加工を施すなどして再度元の表示媒体の画像（画像データ）に戻したときでも原画像と略同等の色の見え方となるようにすることができる、両画像データ間の対応関係を表す色変換ルックアップテーブル、並びに該テーブルの作成方法および装置、該テーブルを参照して簡易に画像データの変換を行う方法および装置を提供することを目的とするものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明による色変換ルックアップテーブル（以下「ルックアップテーブル」を単に「テーブル」または「LUT」と称す。）は、CRTなどの発光表示媒体に表示された画像と写真などの非発光表示媒体に表示された画像において、両画像間の知覚される色の見え方が等しくなるように、前記非発光表示媒体の画像データと前記発光表示媒体の画像データとの間で相互にデータ変換を行うに際して参照される、両画像データの対応関係を表す色変換テーブルである。

【0013】最初に、非発光表示媒体の画像データを発光表示媒体の画像データに変換する色変換ルックアップテーブル、並びに該色変換ルックアップテーブルを作成する方法および装置、並びに該色変換ルックアップテーブルを用いた画像データの変換方法および装置の発明について説明する。

【0014】まず、本発明による非発光表示媒体の画像データを発光表示媒体の画像データに変換する色変換ルックアップテーブルは、発光表示媒体に表示された画像と非発光表示媒体に表示された画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、前記非発光表示媒体の画像データを前記発光表示媒体の画像データに変換するに際して参照される、両画像データの対応関係を表す色変換ルックアップテーブルであって、前記非発光表示媒体が表示し得る画像の明るさの範囲が前記発光表示媒体が表示し得る画像の明るさの範囲と略同等になるように、前記非発光表示媒体の画像データのダイナミックレンジを前記発光表示媒体の画像データのダイナミックレンジに変換するダイナミックレンジ補正機能と、前記発光表示媒体に表示された画像と前記非発光表示媒体に表

示された画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、例えばVon Kriesの色順応則を基本とする色順応モデルに従って、前記非発光表示媒体の画像データを前記発光表示媒体の画像データに変換する色変換機能とを備えたことを特徴とするものである。

【0015】また、本発明による色変換ルックアップテーブルを作成する方法は、前記非発光表示媒体に再現され得る色データを、第1表色系データから第2表色系データに変換するときの第1の対応関係を求め、前記発光表示媒体に再現され得る色データを、前記第2の表色系データから前記第1表色系のデータに変換するときの第2の対応関係を求め、前記非発光表示媒体に再現され得る色データごとに、前記第1および第2の対応関係に基づいて、該色データのダイナミックレンジを前記発光表示媒体に再現され得る色データのダイナミックレンジに変換するダイナミックレンジ補正と、前記発光表示媒体に表示される画像と前記非発光表示媒体に表示される画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、色順応モデルにしたがって、前記非発光表示媒体に再現され得る色データを前記発光表示媒体に再現され得る色データに変換する色変換とを行い、前記非発光表示媒体に再現され得る色データと、前記ダイナミックレンジ補正および前記色変換が行われた前記発光表示媒体に再現され得る色データとを対応づけて記憶することを特徴とするものである。

【0016】ここで「第1の表色系」とあるのは、R（赤）、G（緑）、B（青）で表されるRGB表色系やC（シアン）、M（マゼンタ）、Y（イエロー）で表されるCMY表色系などの前記発光表示媒体や前記非発光表示媒体が直接取り扱う画像データを表す表色系を意味し、一方「第2の表色系」とあるのは、CIEの $L^*a^*b^*$ 表色系やXYZ表色系などの上記色順応モデルに従ったデータ変換を行うに際して好適な、表示装置に依存しない表色系を意味する。以下同様である。

【0017】この色変換ルックアップテーブルを作成する方法においては、前記色変換が、前記第1の対応関係に基づいて、前記非発光表示媒体に再現され得る色データの第1表色系データを第2表色系データに順変換し、該変換された第2表色系データに対して、色順応モデルに従った色順応変換を行い、前記第2の対応関係に基づいて、該色順応変換が行われたデータを前記第1表色系データに逆変換するようにすることが好ましく、さらに、前記ダイナミックレンジ補正が、前記第1および前記第2の対応関係に基づいて変換レンジ情報を作成し、前記色順応変換過程と前記逆変換過程との間または前記順変換過程と前記色順応変換過程との間に介在して、該変換レンジ情報に基づいて、前記色順応変換または前記順変換が行われたデータを変換するものとすれば、なお好ましい。

【0018】また、前記非発光順変換関係が、色再現域

外データ推定法およびN-R法を用いた逆変換演算を用いて求められるものとすれば一層好ましい方法となる。

【0019】ここで、「N-R法」とは「Newton-Raphson法」のことであり、「N-R法を用いた逆変換演算」とは、上記両表示媒体が直接取り扱う画像データを該表示媒体に依存しない表色系の画像データに変換する順変換関係を用いて、色信号を第2表色系から第1表色系に高精度に変換することのできる方法であって、本願出願人が上記特願平7-156555号にて提案している方法である。

【0020】また、「色領域外データ推定法」とは、Gamut処理を行うに際して、色再現域境界部近傍においても、画像データの変換後のデータに基づく表示画像の色に不自然さや大きな変動が生じることがないようにした色変換方法であって、本願出願人が上記特願平8-221542号にて提案している色変換方法である。

【0021】また、本発明による色変換ルックアップテーブル作成装置は、上記色変換ルックアップテーブル作成方法に従って上記色変換ルックアップテーブルを作成する装置であって、前記非発光表示媒体に再現され得る色データを、第1表色系データから第2表色系データに変換するときの第1の対応関係を求める手段と、前記発光表示媒体に再現され得る色データを、前記第2の表色系データから前記第1表色系のデータに変換するときの第2の対応関係を求める手段と、前記非発光表示媒体に再現され得る色データごとに、前記第1および第2の対応関係に基づいて、該色データのダイナミックレンジを前記発光表示媒体に再現され得る色データのダイナミックレンジに変換するダイナミックレンジ補正を行うダイナミックレンジ補正手段と、前記発光表示媒体に表示される画像と前記非発光表示媒体に表示される画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、色順応モデルにしたがって、前記非発光表示媒体に再現され得る色データを前記発光表示媒体に再現され得る色データに変換する色変換とを行う色変換手段と、前記非発光表示媒体に再現され得る色データと、前記ダイナミックレンジ補正および前記色変換が行われた前記発光表示媒体に再現され得る色データとを対応づけて記憶する記憶手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0022】この色変換ルックアップテーブル作成装置においては、前記色変換手段が、前記第1の対応関係に基づいて、前記非発光表示媒体に再現され得る色データの第1表色系データを第2表色系データに順変換する順変換手段と、該変換された第2表色系データに対して、色順応モデルに従った色順応変換を行う色順応変換手段と、前記第2の対応関係に基づいて、該色順応変換が行われたデータを前記第1表色系データに逆変換する逆変換手段とを備えたものであることが好ましく、さらに、前記ダイナミックレンジ補正手段が、前記第1および前記第2の対応関係に基づいて変換レンジ情報を作成する

変換レンジ情報作成手段を備え、前記色順応変換過程と前記逆変換過程との間または前記順変換過程と前記色順応変換過程との間に介在して、該変換レンジ情報に基づいて、前記色順応変換または前記順変換が行われたデータを変換する手段であれば、なお好ましい。

【0023】また、前記第1の対応関係を求める手段が、色再現域外データ推定手段およびN-R法を用いた逆変換演算手段を備えるものであれば、一層好ましいものとなる。

10 【0024】また、本発明による画像の色変換方法は、上記の色変換ルックアップテーブルを参照して非発光表示媒体の画像データを発光表示媒体の画像データに変換することを特徴とするものであり、また、本発明による画像の色変換装置は、上記の色変換ルックアップテーブルを参照して非発光表示媒体の画像データを発光表示媒体の画像データに変換する画像データ変換手段を備えたことを特徴とするものである。

20 【0025】次に、発光表示媒体の画像データを非発光表示媒体の画像データに変換する色ルックアップ変換テーブル、並びに該色変換ルックアップテーブルを作成する方法および装置、並びに該色変換ルックアップテーブルを用いた画像データの変換方法および装置の発明について説明する。

30 【0026】本発明による発光表示媒体の画像データを非発光表示媒体の画像データに変換する色変換ルックアップテーブルは、発光表示媒体に表示された画像と非発光表示媒体に表示された画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、前記発光表示媒体の画像データを前記非発光表示媒体の画像データに変換するに際して参照される、両画像データの対応関係を表す色変換ルックアップテーブルであって、前記発光表示媒体が表示し得る画像の明るさの範囲が前記非発光表示媒体が表示し得る画像の明るさの範囲と略同等になるように、前記発光表示媒体の画像データのダイナミックレンジを前記非発光表示媒体の画像データのダイナミックレンジに変換するダイナミックレンジ補正機能と、前記非発光表示媒体に表示された画像と前記発光表示媒体に表示された画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、色順応モデルに従って、前記発光表示媒体の画像データを前記非発光表示媒体の画像データに変換する色変換機能とを備えたことを特徴とするものである。

50 【0027】また、本発明による上記色変換ルックアップテーブルを作成する方法は、前記発光表示媒体に再現され得る色データを、第1表色系データから第2表色系データに変換するときの第1の対応関係を求め、前記非発光表示媒体に再現され得る色データを、前記第2の表色系データから前記第1表色系のデータに変換するときの第2の対応関係を求め、前記発光表示媒体に再現され得る色データごとに、前記第1および第2の対応関係に基づいて、該色データのダイナミックレンジを前記非発

光表示媒体に再現され得る色データのダイナミックレンジに変換するダイナミックレンジ補正と、前記非発光表示媒体に表示される画像と前記発光表示媒体に表示される画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、色順応モデルにしたがって、前記発光表示媒体に再現され得る色データを前記非発光表示媒体に再現され得る色データに変換する色変換とを行い、前記発光表示媒体に再現され得る色データと、前記ダイナミックレンジ補正および前記色変換が行われた前記非発光表示媒体に再現され得る色データとを対応づけて記憶することを特徴とするものである。

【0028】この色変換ルックアップテーブル作成方法においては、前記色変換が、前記第1の対応関係に基づいて、前記発光表示媒体に再現され得る色データの第1表色系データを第2表色系データに順変換し、該変換された第2表色系データに対して、色順応モデルに従った色順応変換を行い、前記第2の対応関係に基づいて、該色順応変換が行われたデータを前記第1表色系データに逆変換するようにすることが好ましく、さらに、前記ダイナミックレンジ補正が、前記第1および前記第2の対応関係に基づいて変換レンジ情報を作成し、前記色順応変換過程と前記逆変換過程との間または前記順変換過程と前記色順応変換過程との間に介在して、該変換レンジ情報に基づいて、前記色順応変換または前記順変換が行われたデータを変換するものとすれば、なお好ましい。

【0029】また、前記変換レンジ情報が、非発光表示媒体の画像データを発光表示媒体の画像データに変換する色変換ルックアップテーブル作成方法において用いられる変換レンジ情報と同一のものであることが好ましい。

【0030】さらに、前記第1の対応関係が、色再現域外データ推定法およびN-R法を用いた逆変換演算を用いて求められるものとすれば一層好ましい。

【0031】また、本発明による色変換ルックアップテーブルを作成する装置は、上記色変換ルックアップテーブル作成方法に従って上記色変換ルックアップテーブルを作成する装置であって、前記発光表示媒体に再現され得る色データを、第1表色系データから第2表色系データに変換するときの第1の対応関係を求める手段と、前記非発光表示媒体に再現され得る色データを、前記第2の表色系データから前記第1表系のデータに変換するときの第2の対応関係を求める手段と、前記発光表示媒体に再現され得る色データごとに、前記第1および第2の対応関係に基づいて、該色データのダイナミックレンジを前記非発光表示媒体に再現され得る色データのダイナミックレンジに変換するダイナミックレンジ補正を行うダイナミックレンジ補正手段と、前記非発光表示媒体に表示される画像と前記発光表示媒体に表示される画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、色順応モデルにしたがって、前記発光表示媒体に再現され

得る色データを前記非発光表示媒体に再現され得る色データに変換する色変換とを行う色変換手段と、前記発光表示媒体に再現され得る色データと、前記ダイナミックレンジ補正および前記色変換が行われた前記非発光表示媒体に再現され得る色データとを対応づけて記憶する記憶手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0032】この色変換ルックアップテーブルを作成する装置においては、前記色変換手段が、前記第1の対応関係に基づいて、前記発光表示媒体に再現され得る色データの第1表色系データを第2表色系データに順変換する順変換手段と、該変換された第2表色系データに対して、色順応モデルに従った色順応変換を行う色順応変換手段と、前記第2の対応関係に基づいて、該色順応変換が行われたデータを前記第1表色系データに逆変換する逆変換手段とを備えたものであることが好ましく、さらに、前記ダイナミックレンジ補正手段が、前記第1および前記第2の対応関係に基づいて変換レンジ情報を作成する変換レンジ情報作成手段を備え、前記色順応変換過程と前記逆変換過程との間または前記順変換過程と前記色順応変換過程との間に介在して、該変換レンジ情報に基づいて、前記色順応変換または前記順変換が行われたデータを変換する手段とすれば、なお好ましい。

【0033】また、前記変換レンジ情報作成手段が、非発光表示媒体の画像データを発光表示媒体の画像データに変換する色変換ルックアップテーブルを作成する装置における変換レンジ情報作成手段を兼ねるものであり、前記変換レンジ情報が、発光表示媒体の画像データを非発光表示媒体の画像データに変換する色変換ルックアップテーブル作成方法において用いられる変換レンジ情報と同一のものであればより好ましい。

【0034】さらに、前記第1の対応関係を求める手段が、N-R法を用いた逆変換演算手段および色再現域外データ推定手段とを備えるものであれば、一層好ましいものとなる。

【0035】また、本発明による画像の色変換方法は、発光表示媒体の画像データを非発光表示媒体の画像データに変換する色変換ルックアップテーブルを参照して発光表示媒体の画像データを非発光表示媒体の画像データに逆変換することを特徴とするものである。

【0036】さらに、本発明による画像の色変換装置は、発光表示媒体の画像データを非発光表示媒体の画像データに変換する色変換ルックアップテーブルを参照して発光表示媒体の画像データを非発光表示媒体の画像データに逆変換する画像データ逆変換手段を備えたことを特徴とするものである。

【0037】また、本発明による他の画像の色変換方法は、非発光表示媒体の画像データを、発光表示媒体の画像データに変換する色変換ルックアップテーブルを参照して非発光表示媒体の画像データを、発光表示媒体の画像データに変換し、該変換された発光表示媒体の画像デ

ータを発光表示媒体の画像データを非発光表示媒体の画像データに変換する色変換ルックアップテーブルを参照して非発光表示媒体の画像データに逆変換することとを特徴とするものであり、本発明による他の画像の色変換装置は、非発光表示媒体の画像データを、発光表示媒体の画像データに変換する色変換ルックアップテーブルを参照して非発光表示媒体の画像データを発光表示媒体の画像データに変換する画像データ変換手段と、該変換された発光表示媒体の画像データを、発光表示媒体の画像データを非発光表示媒体の画像データに変換する色変換ルックアップテーブルを参照して非発光表示媒体の画像データに逆変換する画像データ逆変換手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0038】

【発明の効果】本発明による色変換ルックアップテーブルを用いれば、非発光表示媒体（例えばプリントなど）の画像データと発光表示媒体（例えばCRT表示装置）の画像データとの間でデータ変換を行うに際して、色順応モデルに従ったデータ変換を行うようにしているから、基本的に両画像の色の見え方が同じになるようなデータ変換を行うことができる。また、この色順応モデルに従ったデータ変換と合わせてダイナミックレンジの補正（あるいは逆補正）をも行うようにしたので、非発光表示媒体の画像と発光表示媒体の画像との間におけるダイナミックレンジが異なるような媒体の間でも、広い方のレンジを無駄にすることなくデータ変換を行うことができるようになる。

【0039】一方、非発光表示媒体の画像データを発光表示媒体の画像データに変換するテーブルと発光表示媒体の画像データを非発光表示媒体の画像データに変換するテーブルとは、それぞれ同じ色順応モデルのパラメータに基づいてデータ変換を行うようにすることができ、さらに同一の変換レンジ情報に基づいてダイナミックレンジの補正と逆補正も行うようにできるから、例えばプリント用データを一旦CRT用データに変換した後、再度プリント用データに戻したとき、戻されたデータに基づいてプリントした画像と元のデータに基づいてプリントした画像とが略同じような色の見え方になるようにすることもできる。

【0040】また、上記色変換ルックアップテーブルを作成するに際しては、第1および第2の対応関係を求めるときに、特願平8-329458号に提案しているような色補正方法を適用すれば、非発光表示媒体の画像のパッチと発光表示媒体の画像のパッチとを、観察者の目によって比較して色補正を行うようにしているので、測色計の違いや出力画像の変動をも含めて測色値を補正することができ、また、上述のように色順応モデルに従ったデータ変換を行うようにもしているので、簡単に、かつ、精度よく両表示媒体の画像の色の見え方を同じようにするような色変換テーブルを作成することができる。また、色

補正において、階調補正を適正に行うことができ、特にシャドウ部についても、その階調が不自然にたったり寝たりすることがなく、またつぶれたりすることもない。

【0041】また、同様に色信号を第2表色系から第1表色系に変換するに際して、本願出願人による特願平7-156555号にて提案しているN-R法を用いた逆変換演算を行う方法を適用すれば、第1表色系と第2表色系との関係を単調関数で近似し、また、繰り返し演算を行うことにより演算値を確実に求めるようにしているから、高精度な色変換処理が可能となり、もって、高精度な色変換処理を可能ならしめる色変換テーブルを作成することができる。

【0042】また、同様に本願出願人特願平8-221542号にて提案している色領域外データ推定法を適用することにより、例えばプリンタによる写真など（非発光表示媒体）の画像とCRT（発光表示媒体）の表示画像のように色再現域が異なる画像データ間でデータ変換を行ったとしても、色再現域境界部近傍において、変換後のデータに基づいて作成される画像の色に不自然さや大きな変動が生じることがなく（すなわち画像に破綻を来さないデータ変換を行うことができる）、例えばXYZ表色系で表されたデータをRGB表色系で表されたデータに高精度で変換することができる。

【0043】一方、例えば、プリント画像用データとCRT画像用データとの相互変換を、上記色変換ルックアップテーブルを参照して行うように構成することにより、両画像が同じ色の見え方となるデータ変換を行う装置を簡易な構成でもって実現することもできる。この際、例えばプリント画像用データを一旦CRT画像用データに変換した後、再度プリント画像用データに変換してもデータの破綻を生じないのは上述と同様である。

【0044】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1は本発明による色変換テーブルを作成する色変換テーブル作成装置を示すものであり、色順変換テーブル作成装置および色逆変換テーブル作成装置の両者において、非発光順変換関係を求める手段、発光逆変換関係を求める手段、変換レンジ情報作成手段とを共用化した構成としたものである。最初に、この色変換テーブル作成装置の構成について簡単に説明する。なお、本実施の形態においては、非発光表示媒体の画像データを発光表示媒体の画像データに変換するテーブルを色順変換テーブルとし、発光表示媒体の画像データを非発光表示媒体の画像データに変換するテーブルを色逆変換テーブルとする。

【0045】この色変換テーブル作成装置は、大きく分けると非発光変換LUT作成手段10、発光変換LUT作成手段20、色順変換テーブル作成装置の主要部1および色逆変換テーブル作成装置の主要部2から構成されている。

【0046】非発光変換LUT作成手段10(図1の右上段部)は、デジタルプリンタによる印刷物などの非発光表示媒体(図示せず)のRGB形式で表された画像データを、第1の表色系(RGB表色系)のデータから第2の表色系(XYZ表色系)のデータに変換するときの対応関係を表す非発光順変換関係を求める手段(ここでは非発光順変換LUT作成手段と称す。)12と、逆に非発光表示媒体の画像データを、XYZ表色系の画像データからRGB表色系の画像データに変換するときの対応関係を表す非発光逆変換関係を求める手段(ここでは非発光逆変換LUT作成手段と称す。)14とから構成されている。

【0047】また、発光変換LUT作成手段20(図1の左上段部)は、CRTなどの発光表示媒体(図示せず)のRGB形式で表された画像データを、RGB表色系のデータからXYZ表色系のデータに変換するときの対応関係を表す発光順変換関係を求める手段(ここでは発光順変換LUT作成手段と称す。)22と、逆に発光表示媒体の画像データを、XYZ表色系のデータからRGB表色系のデータに変換するときの対応関係を表す発光逆変換関係を求める手段(ここでは発光逆変換LUT作成手段と称す。)24とから構成されている。なお、発光順変換LUTや発光逆変換LUTに代えて、データを変換するときの対応関係を表す数式をそのまま使用してもよい。

【0048】一方、色順変換テーブル作成装置の主要部1(図1の中段部)は、非発光表示媒体の特性値などが入力され後述のVon Kriesの行列計算を行って非発光表示媒体の色順応モデルの色順応の程度を表すパラメータを設定するパラメータ設定手段30と、後述するように測色したカラーチャートに基づいてRGB表色系のデータを格子点状のデータEiとして設定する格子点データ設定手段40と、格子点データ設定手段40により設定された格子点データEi毎に、非発光順変換関係と発光逆変換関係とに基づいて、非発光表示媒体が再現しうる色データのダイナミックレンジを発光表示媒体が再現しうる色データのダイナミックレンジに変換するダイナミックレンジ補正を行うダイナミックレンジ補正手段50と、パラメータ設定手段30により設定されたパラメータに基づいて、設定された格子点データEi毎に、発光表示媒体に表示された画像と非発光表示媒体に表示された画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、色順応モデルに従って、非発光表示媒体の画像データを発光表示媒体の画像データに変換する色変換を行う色変換手段60と、設定された格子点データEiの各々と、ダイナミックレンジ補正と色変換とが行われた画像データとを対応付けて記憶する記憶手段70とから構成されている。

【0049】また、色逆変換テーブル作成装置の主要部2(図1の下段部)は、上記色順変換テーブル作成装置の主要部1において設定された発光表示媒体の色順応モ

デルの色順応の程度を表すパラメータを受け取って、このパラメータの逆パラメータ(ここではVon Kriesの逆行列)の計算を行うパラメータ設定手段32と、後述するように測色したカラーチャートに基づいてRGB表色系のデータを格子点状のデータFiとして設定する格子点データ設定手段42と、格子点データ設定手段42により設定された格子点データFi毎に、発光順変換関係と非発光逆変換関係とに基づいて、発光表示媒体が再現しうる色データのダイナミックレンジを発光表示媒体が再現しうる色データのダイナミックレンジに変換するダイナミックレンジ補正を行うダイナミックレンジ補正手段54と、設定された格子点データFi毎に、上記パラメータに基づいて、発光表示媒体に表示された画像と非発光表示媒体に表示された画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、色順応モデルに従って、前記発光表示媒体の画像データを前記非発光表示媒体の画像データに変換する逆色変換を行う逆色変換手段80と、設定された格子点データFiの各々と、ダイナミックレンジ逆補正と逆色変換とが行われた画像データとを対応付けて記憶する記憶手段72とから構成されている。

【0050】なお、パラメータ設定手段32は、上記色順変換テーブル作成装置の主要部1におけるパラメータ設定手段30と同様に、非発光表示媒体の特性値などが入力された後に上記同様な逆パラメータを設定するような構成としてもよい。

【0051】色変換手段60は、非発光順変換LUT作成手段12により求められた非発光順変換関係に基づいて、格子点状のデータEiとされたRGB表色系のデータをXYZ表色系のデータに変換する非発光順変換手段62と、変換されたXYZ表色系のデータに対して、パラメータ設定手段30により設定されたパラメータに基づいて、色順応モデルに従った色順応変換を行う色順応変換手段64と、発光逆変換LUT作成手段20により求められた発光逆変換関係に基づいて、色順応変換が行われたデータ(XYZ表色系のデータである。)をRGB表色系の画像データに変換する発光逆変換手段66とから構成されている。

【0052】また、逆色変換手段80は、発光順変換LUT作成手段22により求められた発光順変換関係に基づいて、格子点状のデータFiとされたRGB表色系のデータをXYZ表色系のデータに変換する発光順変換手段82と、変換されたXYZ表色系のデータに対して、パラメータ設定手段30により設定されたパラメータに基づいて色順応モデルに従った色順応逆変換を行う色順応逆変換手段84と、非発光逆変換LUT作成手段14により求められた非発光逆変換関係に基づいて、色順応逆変換が行われたデータをRGB表色系の画像データに変換する非発光逆変換手段86とから構成されている。

【0053】さらに、ダイナミックレンジ補正手段50は、非発光順変換関係と発光逆変換関係とに基づいて変

換レンジ情報DRを作成する変換レンジ情報作成手段52を備えており、色順応変換手段64と発光逆変換手段66との間に介在して、色順応変換が行われたデータを変換レンジ情報DRに基づいてデータ変換するものである。なお、ダイナミックレンジ補正手段50は、非発光順変換手段62と色順応変換手段64との間に介在されるものであってもよい。

【0054】また、ダイナミックレンジ逆補正手段54は、発光順変換手段82と色順応逆変換手段84との間に介在して、XYZ表色系のデータに変換されたデータを変換レンジ情報DRに基づいてデータ変換するものである。なお、このダイナミックレンジ逆補正手段54は、変換レンジ情報作成手段として上記ダイナミックレンジ補正手段50の変換レンジ情報作成手段52を共用したものであるが、個別に変換レンジ情報作成手段を備えた構成とし、同じ変換レンジ情報DRを作成するようにしてもよい。また、ダイナミックレンジ補正手段54は、色順応変換手段84と非発光逆変換手段86との間に介在されるものであってもよい。

【0055】上記構成の色変換テーブル作成装置においては、非発光変換LUT作成手段10の非発光順変換LUT作成手段12と、発光変換LUT作成手段20の発光逆変換LUT作成手段24と、色順変換テーブル作成装置の主要部1とによって色順変換テーブル作成装置が構成されている。一方、非発光変換LUT作成手段10と、発光変換LUT作成手段20と、色順変換テーブル作成装置と共用した変換レンジ情報作成手段52と、色逆変換テーブル作成装置の主要部2とによって色逆変換テーブル作成装置が構成されている。

【0056】以下、上記構成の色順変換テーブル作成装置および色逆変換テーブル作成装置の機能について、図5の変換テーブル作成方法の概略図を参照しながら説明する。まず、色順変換テーブル作成装置によって色順変換テーブル110を作成する方法について説明する。

【0057】本例においては、発光表示媒体としてFlashPixフォーマットで定義されるNIFCARTを用い、非発光表示媒体としてデジタルプリンタ（以下「DP」と称す。）を用いたものを考える。ここで、NIFCARTの観察環境を以下に示す。

【0058】Viewing Flare:1.0%
Image Surround:Average (20%反斜率のグレート同程度)
Luminance:80 cd/m²
Adaptive white:x=0.3127,y=0.3290(D65)
また、DPの観察環境を以下に示す。
【0059】Viewing Flare:0.5~1.0%
Image Surround:Average (20%反斜率のグレート同程度)
Luminance:160~640cd/m²
Adaptive white:x=0.3457,y=0.3585(D50)

したがって、DPにおいては光源をCIEF8蛍光灯とし、160~640cd/m²の環境を想定する。

【0060】最初に、非発光順変換LUT作成手段12および非発光逆変換LUT作成手段14（これらを合わせて非発光変換LUT作成手段10と称す。）の作用について説明する。この非発光変換LUT作成手段10は、その詳細を図2に示すように、N-R法を用いた逆変換演算手段16と、Gamut外データ推定手段18と、順変換LUT作成手段19と、記憶手段74、75とを備えており、DPの画像データについて、RGBデータからXYZデータへの順変換関係、並びにXYZデータからRGBデータへの逆変換関係を求め、求められた変換関係をLUTとして記憶手段74、75に記憶する。

【0061】DPの画像（プリント）とNIFの画像とでは、順応白色点と同じであれば測色値が合致して同じ色の見え方となる。しかしながら、DPの画像とNIFの画像とでは画像再現方式や色の再現範囲が異なるため、色順応を考慮しなければ両画像を同じ色の見え方となるようにすることができない。このため、本実施形態においては、まず色順応を考慮しないで測色値を合致させる変換関係を作成し、その後この変換関係に基づいて色順応を考慮した変換関係を求めるものとする。

【0062】このため、非発光変換LUT作成手段10においては、基本的には、「画像データとしてRGBの各値を与えたときに、XYZ表色系で表した測色値がいくつになるか」、逆に「XYZ表色系のデータを与えたときにRGB表色系で表したデータがいくつになるか」というテーブルをそれぞれ作成すればよい。このようなテーブルを作成するために、まずRGB表色系で表されたチャートデータを作成して、チャートデータに基づいてプリントした各々のカラーパッチを出力する。次にそれぞれのパッチを測色計で測定しパッチの反射光分布データを求める。必要に応じて、何度か測定を行い、データの平均値を求めてもよい。

【0063】このようにして測定された反射光分布データの分光分布、等色関数、光源の分光分布を用いて、RGB表示系のデータ（以下RGBデータとする）からXYZ表示系のデータ（以下XYZデータとする）への順変換関係を計算する。この結果を用いて、XYZデータからRGBデータへの逆変換関係を計算する。この計算を行うに際しては、高精度な変換処理を行うべく、本願出願人が特願平7-156555号において提案しているN-R法を用いた逆変換演算を行う方法を用いるのが好ましい。以下その計算の詳細について説明する。

【0064】まず、上述したように得られたカラーパッチの分光分布と光源の分光分布とからXYZデータを算出する。なお、XYZデータは、光源の分光分布をS(λ)（λは光の波長）、物体の分光反射率分布をρ(λ)、人間の目に対する等色関数をx(λ)、y(λ)、z(λ)、可視光の範囲を380~780nmとして、

【0065】.

【数1】

$$x = K \int_{380}^{780} s(\lambda) \rho(\lambda) x(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

$$y = K \int_{380}^{780} s(\lambda) \rho(\lambda) y(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

$$z = K \int_{380}^{780} s(\lambda) \rho(\lambda) z(\lambda) d\lambda \quad (3)$$

【0066】の関係から導き出すことができる。ここで、基準化係数Kは、

【0067】

【数2】

$$K = 100 / \int_{380}^{780} s(\lambda) y(\lambda) d\lambda \quad (4)$$

【0068】で与えられる。

【0069】この場合RGBの各色のカラーパッチの最小濃度および最大濃度を0および255に規格化して8段階に分割して出力すると、図7に示す512(=8×8×8)のカラーパッチを得ることができる。さらに、図7に示すカラーパッチにおける格子点の測定点以外の部分を補間演算により求めることにより、各カラーパッチのRGBデータに対応するXYZデータの関係である非発光順変換LUT1を得ることができる。

【0070】次に、この非発光順変換LUT1を用いてN-R法により非発光逆変換LUT2を求める手順について説明する。

【0071】ここで、順変換LUT1と逆変換LUT2との関係を図8を参照して説明する。図8(a)はRGBカラーパッチを構成するRGBデータを便宜上2次元的に表現したものであり、各RGBデータは、等間隔の格子点に対応している。図8(b)は、この格子点でのRGBデータを測色して得られるXYZデータを便宜上2次元的に表現したものであり、非常に不規則な格子間隔となっている。順変換LUT1は図8(a)に示す関係において任意のRGBデータに対するXYZデータを求めるものであり、逆変換LUT2は図8(b)に示す関係において任意のXYZデータに対するRGBデータを求めるものである。この場合、例えばA点のXYZデータに対するRGBデータを求める際、A1～A4点のRGBデータを用いて補間計算を行うべきところ、A点に近いA3～A6点のRGBデータを用いて補間計算を行ってしまうおそれがある。本実施の形態ではRGBデータを固定することに3変数同士の関係とし、繰り返し演算法を用いて逆変換LUT2を求めるようにしたものである。

【0072】ここで、RGB色空間は図7に示すように、格子状に配列されたRGBデータによって構成されているため、非発光順変換LUT1を用いて任意のRGBデータに対するXYZデータを補間によって求めるこ

とができる。一方、RGB空間から得られるXYZ空間は図8(b)に示すように歪んでいるため、任意のXYZデータに対するRGBデータを求めることは困難である。このため、XYZ空間に図8(b)の破線に示すような規則的な間隔で配列したXYZデータを設定し、XYZデータに対するRGBデータをN-R法を用いて算出することにより逆変換LUT2を求める。

【0073】まず、XYZ空間の格子点における目標値を(X0, Y0, Z0)とし、繰り返し演算での許容誤差をΔEminに設定する。次いで、RGB空間での既知の初期値(R1, G1, B1)を設定し、非発光順変換LUT1を用いて初期値(R1, G1, B1)に対する刺激値(X1, Y1, Z1)を求める。そして、目標値(X0, Y0, Z0)と刺激値(X1, Y1, Z1)との誤差量ΔEを求め、この誤差量ΔEとΔEminとを比較する。なお、許容誤差ΔEminは、例えばLab表色系における色差式にしたがって算出された色差として設定することができる。この場合、|ΔE| < ΔEminでなければ、修正値(ΔR, ΔG, ΔB)を算出し、初期値(R1, G1, B1)を修正値(ΔR, ΔG, ΔB)だけ修正した後、上記処理を繰り返す。

【0074】ここで、上述した修正値(ΔR, ΔG, ΔB)は、次のようにして求められる。すなわち、任意のRGBデータが与えられたとき、このRGBデータ(a点でしMす)に対するXYZデータは、図9に示すように、8つの格子点c0～c7におけるRGBデータ(r0, g0, b0)～(r7, g0, b0)に対応するXYZデータ(x0, y0, z0)～(x7, y7, z7)、格子点c0～c7で囲まれる直方体の体積V、この直方体内の任意の補間点cにより8分割された体積V0～V7を用いて、

【0075】

【数3】

$$X = \sum_{j=0}^7 V_j \cdot X_j / V \quad (5)$$

$$Y = \sum_{j=0}^7 V_j \cdot Y_j / V \quad (6)$$

$$Z = \sum_{j=0}^7 V_j \cdot Z_j / V \quad (7)$$

【0076】として求めることができる。この場合上記式(5)～(7)の関係において、RGBデータに対するXYZデータが微小範囲内において扇形であると仮定すると、XYZデータの微小変化量である修正値(ΔR, ΔG, ΔB)とXYZデータの微小変化量(ΔX, ΔY, ΔZ)とは、N-R法から、

【0077】

【数4】

$$\begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial X}{\partial R} & \frac{\partial X}{\partial G} & \frac{\partial X}{\partial B} \\ \frac{\partial Y}{\partial R} & \frac{\partial Y}{\partial G} & \frac{\partial Y}{\partial B} \\ \frac{\partial Z}{\partial R} & \frac{\partial Z}{\partial G} & \frac{\partial Z}{\partial B} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta R \\ \Delta G \\ \Delta B \end{bmatrix} = J \begin{bmatrix} \Delta R \\ \Delta G \\ \Delta B \end{bmatrix} \quad (8)$$

【0078】の関係を満たすことになる。なお、Jはヤコビアン行列である。式(8)において、ヤコビアン行列Jが求まれば、RGBデータの修正値(ΔR , ΔG , ΔB)に対するXYZデータの微小変化量(ΔX , ΔY , ΔZ)を予測することができる。この場合、ヤコビアン行列Jは、式(5)~(7)をRGBデータで偏微分することにより求められる。したがって、RGBデータの修正値(ΔR , ΔG , ΔB)は、

【0079】

【数5】

$$\begin{bmatrix} \Delta R \\ \Delta G \\ \Delta B \end{bmatrix} = J^{-1} \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} \quad (9)$$

【0080】として求められる。

【0081】以上のようにして得られるヤコビアン行列Jを用いて繰り返し計算を行うことにより、任意の目標値(X_0 , Y_0 , Z_0)に対するRGBデータを求めることができる。同様の処理をXYZ空間における格子上の全目標値に対して行い、XYZデータをRGBデータに変換するための第1の逆変換LUTが生成される。

【0082】ここで、N-R法では、収束演算中にデータが色再現域外に出てしまうことがあるため、色再現域外の十分に遠いところに仮想的にRGBデータを配置する必要がある。この場合、図10に示すようなX-RG空間において、色再現域外に点b1*、b2*を設定した場合、この点b1*、b2*は色再現域内における点a1~a4の関係に対して滑らかに連結する単調関係を*

$$T = A \cdot D$$

と定義する。なお、この式(10)は下記の式(11) ※【0087】

の関係を表すものとなる。

※ 【数6】

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{x1} & A_{x2} & A_{x3} & A_{x4} \\ A_{y1} & A_{y2} & A_{y3} & A_{y4} \\ A_{z1} & A_{z2} & A_{z3} & A_{z4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \\ 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

【0088】そして、式(10)の関係を満たす係数Aを、下記の式(12)に示すEが最小となるように最小自乗法を用いて求める。なお、式(12)において、iはカラーパッチの番号を表し、また、Tはマトリクス

*維持していないと、演算が収束しないためN-R法により処理には適用できない。

10 【0083】このため、点b1*、b2*のデータを用いてN-R法を実行した後、点b1*、b2*と点a1~a4とが単調関係となるように、例えば、点b1*に近い点a1、a2のデータのみを用いて、最小自乗法により点b1*における仮想RGBデータRGB*および仮想XYZデータXYZ*を求め、また、点b2*に近い点a3、a4のデータのみを用いて点b2*における仮想RGBデータRGB*および仮想XYZデータXYZ*を求める。そして、これらの仮想RGBデータRGB*および仮想XYZデータXYZ*を含むRGBデータおよびXYZデータの関係を第2の逆変換LUTとして設定する。

【0084】次に、第2の逆変換LUTにおける色再現域外の十分離れた位置に仮想XYZデータXYZ1*を設定し、この仮想XYZデータXYZ1*に対応する仮想RGBデータRGB1*を求める。

【0085】この場合、RGBデータとXYZデータとの関係が単調性を持つことを仮定し、最小自乗法を用いて仮想RGBデータRGB1*を求める。この場合、

「単調性を持つ」という仮定は、XYZデータが増加するにしたがってRGBデータが単調に減少する、という事実に基づいて保証される。

【0086】そこで、第2の逆変換LUTにおけるRGBデータおよびXYZデータのすべてのデータセット

(R_i , G_i , B_i , X_i , Y_i , Z_i)を用いて最小自乗法によりRGB-X、RGB-Y、RGB-Zの4次元平面を求める。この場合、この4次元平面を、

$$(10)$$

※ 【0087】

【数6】

行と列とを入れ換えた転置を表す。

【0089】

【数7】

$$E = \sum_j (T_j - A \cdot D_j) \cdot (T_j - A \cdot D_j)^T \quad (12)$$

【0090】上記式(12)から係数Aが求められると、各4次元平面RGB-X、RGB-Y、RGB-Zが決定する。次に、このようにして求められた4次元平面RGB-X、RGB-Y、RGB-Z上において、XYZデータから十分に遠い位置にある仮想XYZデータXYZ1*およびこれに対応する仮想RGBデータRGB1*を求める。

【0091】図11はXYZデータおよび仮想XYZデータXYZ1*と、RGBデータおよび上述したように生成された仮想RGBデータRGB1*との関係を2時限的模式図として示したものである。すなわち、XYZデータとRGBデータとの関係は、前述した知見から、例えば点a1～a4に示すように、単調減少の関係にある。そしてこれらの点a1～a4を用いて最小自乗法により算出された4次元平面を点線で示すと、この4次元平面上の仮想XYZデータXYZ1*に対応する仮想RGBデータRGB1*を表す点b1、b2と、点a1～a4とを結ぶ面は、実線で示すように単調減少の関係となる。したがって、上述したようにして最小自乗法を用いて仮想XYZデータXYZ1*に対する仮想RGBデータRGB1*を生成することにより、仮想XYZデータXYZ1*を含むRGBデータと、仮想RGBデータRGB1*を含むXYZデータとの間で単調関係を維持することができる。

【0092】以上のようにして仮想XYZデータXYZ1*に対する仮想RGBデータRGB1*を求めた後、仮想XYZデータXYZ1*を含むRGBデータを、仮想RGBデータXYZ1*を含むRGBデータに変換するための第3の逆変換LUTを設定する。

【0093】さらに、このようにして設定された第3の逆変換LUTを発光表示媒体におけるRGBデータの再現可能範囲にマッピング(Gamut Mapping)する。このマッピングとしては、例えば図12

(a)の実線で示すように、RGBデータを色再現域内を含めて圧縮処理する方法がある。また、図12(b)に示すように、色再現域内のRGBデータはそのままとし、色再現域外のRGBデータをすべて最大値または最小値でクリッピングする方法がある。このようにしてマッピング処理を行うことにより、色再現域外のRGBデータを色再現域内のRGBデータに変換することができる。そして、このように第3の逆変換LUTをマッピングすることにより、求めるべき非発光逆変換LUT2が求められる。

【0094】なお、上述したように非発光順変換LUT1の格子点はRGBであり、その格子点に対応する値をXYZに変換することが最も精度が良いが、非発光逆変*

*換LUT2の格子点はXYZではなくL*a*b*とし、格子点に対応する値をRGBとなるようにすることが好ましい。これは、色再現域近傍のデータを計算するとき、視覚的に知己色再現域外格子点データを推定する法が精度が高いからである。この場合、逆変換LUT2には、XYZをL*a*b*に変換した際の白色点データかL*a*b*を生成することができる情報を付加する必要がある。

【0095】このようにして、DPの画像データについて、RGBデータからXYZデータへの順変換関係、並びにXYZデータからRGBデータへの逆変換関係が求められ、RGBデータからXYZデータへの順変換関係がLUT1として記憶手段74に、XYZデータからRGBデータへの逆変換関係がLUT2として記憶手段75にそれぞれ記憶される。

【0096】次に、発光順変換LUT作成手段22および発光逆変換LUT作成手段24(これらを合わせて発光変換LUT作成手段20と称す。)の作用について説明する。この発光変換LUT作成手段20は、その詳細を図3に示すように、RGBデータをXYZデータに変換する計算を行ってRGBデータからXYZデータへの順変換関係を求める計算手段26、XYZデータをRGBデータに変換する計算を行ってXYZデータからRGBデータへの逆変換関係を求める計算手段28、さらには、L*a*b*データをXYZデータに変換する計算を行ってL*a*b*データからXYZデータへの変換関係を求める計算手段29とを備えており、求められた変換関係をLUTとして記憶手段76、77に記憶する(図5の左上段部を参照)。

【0097】この発光変換LUT作成手段20においても、基本的には、「画像データとしてRGBの各値を与えたときに、XYZ表色系で表した測色値がいくつになるか」、逆に「XYZ表色系のデータを与えたときにRGB表色系で表したデータがいくつになるか」というテーブルをそれぞれ作成すればよい。ここで、NIFCRTはそのデータの対応関係が、3原色の色度、白色点の色度、γ式に基づく所定の式によって定義されているものである。したがって、上記DPとは異なり、NIFCRTを測定することなく計算のみによってデータの対応関係を求めることができる。なお、この場合テーブルを作成することなく、対応関係を表す数式をそのまま使用するようにしてもよい。

【0098】ここで、NIFCRTの場合も、色再現域外のデータを変換できるようにLUTを設定する必要があるが、そのための計算を下記に示す。

【0099】

$$R' \text{ NIF} = R(8 \text{ bit}) / 255.0$$

$$R \text{ NIF} = (R' \text{ NIF} + 0.055) / 1.055 \quad 2.4$$

$$(0.03929 \leq R' NIF)$$

$$RNIF = R' NIF / 12.92$$

$$(-0.03929 < R' NIF < 0.03929)$$

$$RNIF = -((-R' NIF + 0.055) / 1.055) \cdot 2.4$$

$$(R' NIF \leq 0.03929)$$

なお、GNIFおよびBNIFについても同様にして算出する。

【0100】上記非発光変換LUT作成手段10と同様に、NIFCRTの画像データについて、RGBデータからXYZデータへの順変換関係、並びにXYZデータからRGBデータへの逆変換関係が求められたら、RGBデータからXYZデータへの順変換関係がLUT3として記憶手段76に、XYZデータからRGBデータへの逆変換関係がLUT4として記憶手段77にそれぞれ記憶される。

【0101】以上のようにしてDPとNIFのそれぞれの画像データについて、RGBデータからXYZデータへの順変換LUT1、LUT3、並びにXYZデータ(L*a*b*データ)からRGBデータへの逆変換LUT2、LUT4が求められる。求められたLUTの一例を図4(a)に示す。このようにして求められたLUTを用いれば、DPの画像とNIFCRTの画像とにおけるそれぞれの測色値が合致するように、DPのRGBデータをNIFCRTのRGBデータに変換することができる。

【0102】例えば、DPのRGBデータとして所望の値(Ri, Gi, Bi)を与えたとき、非発光順変換LUTを用いて(Xi, Yi, Zi)が求められ、次にこの(Xi, Yi, Zi)が与えられたときのNIFCRTのRGBデータが、発光逆変換LUTを用いて(RO, GO, BO)として求められる。図4(b)は図4(a)に示すLUTを用いて、DPのRGBデータをNIFCRTのRGBデータに変換する過程を簡単に示したものである。図4(b)の右半面はNIFCRTのRGBデータとXYZデータとの対応関係を示すLUTのデータをRとXに着目して図に示したものであり、左半面はDPのRGBデータとXYZデータとの対応関係を示すLUTのデータを同様にRとXに着目して図に示したものである。ここで、例えばDPのRが100であったとしたときDPのXは50.1であるから、この様な点P1を左反面の線上にプロットし、次にこのプロットした点P1から右反面へ線を引き出し、この引出線と右反面の線上の交差点P2をプロットする。この点P2から垂線を引き下ろして、NIFCRTのXが50.1に対応するNIFのRはおおよそ110として求められる。このような図をもって考えることにより、上記LUTを用いたデータ変換の過程が容易に理解される。なお、ここでは図4(b)を参照して補間を行っているが、実際には上述したように格子点の間において3次元補間をおこなっているものである。

【0103】上記説明は、最初に述べたように色順応を考慮していないものである。色順応を考慮すると、DPの白色点とNIFの白色点が異なるため、上記のようにXYZ表色系で表される測色値を合致させても、DPの画像とNIFの画像とは同じ色の見え方にはならない。そこで、DPの画像とNIFの画像とが同じ色の見え方となるように、色順応モデルに従ったデータ変換を行う必要が生じる。

【0104】本例ではVon Kriesの色順応モデルを考へることとする。Von Kriesの色順応モデルを考へるときには、所定の行列計算を行う必要があり、この計算を行うために、パラメータ設定手段30が設けられている。このVon Kriesの色順応モデルは、基本的には人間の目の生理原色(CRTの原色RGBに相当する)と生理白色(CRTの白色Wに相当する)との色度座標(x, y, z)をそれぞれ特性値として入力し、また、本例では、DPによるプリントがCIEF8(白色点D50に相当する)で観察され、NIFCRTは白色点がD65で定義されているから、これら白色点D50およびD65のそれぞれの色度も特性値として入力することによってVon Kriesの行列計算が行われる。

【0105】まず、DPによるプリントの白色点の色度を(Xd50, Yd50, Zd50)、NIFCRTの白色点の色度を(Xd65, Yd65, Zd65)とすると、これらの白色点を生理原色によるLMS空間に変換すると、

【0106】

【数8】

$$\begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} Xd50 \\ Yd50 \\ Zd50 \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$\begin{bmatrix} L' \\ M' \\ S' \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} Xd65 \\ Yd65 \\ Zd65 \end{bmatrix} \quad (14)$$

【0107】となる。ここで、(L, M, S)はプリントの白色点の色度を生理原色によるLMS空間に変換したものであり、(L', M', S')はNIFCRTの白色点の色度を生理原色によるLMS空間に変換したものである。また、マトリクスMは人間の3つの生理原色と生理原色のバランスする白色点によって決定されるものである。

【0108】ここで、(L, M, S)と(L', M',

S')との関係は下記の式(15)に示すものとなる。 * 【数9】

【0109】 *

$$\begin{bmatrix} L' \\ M' \\ S' \end{bmatrix} = D \begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix}$$

但し

$$D = \begin{bmatrix} \frac{Ld65}{Ld50} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{Md65}{Md50} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{Sd65}{Sd50} \end{bmatrix} \quad (15)$$

【0110】したがって、上右記式(13)～(15) ※

により、DPによるプリントの白色点の色度(Xd50, Yd50, Zd50)と、NIFCRTの白色点の色度(Xd65, Yd65, Zd65)との関係は下記の式(16)に示すものとなる。

【0111】

【数10】

$$\begin{bmatrix} Xd65 \\ Yd65 \\ Zd65 \end{bmatrix} = M \cdot D \cdot M^{-1} \begin{bmatrix} Xd50 \\ Yd50 \\ Zd50 \end{bmatrix} \quad (16)$$

【0112】ここで、人間の生理原色については、いくつかの例が提案されているが、近年採用されているEstevez(1979)が提案したものを用いる。この生理原色の色度座標と生理白色にD65とSe(等エネルギー白色)を用いた場合のLMS空間への変換行列の計算結果を下記に示す。

【0113】

【数11】

$$V = M \cdot D \cdot M^{-1} = \begin{bmatrix} 0.9845 & -0.0547 & 0.0678 \\ -0.060 & 1.0048 & 0.0012 \\ 0.0000 & 0.0000 & 1.3200 \end{bmatrix} \quad (17)$$

【0116】このようにして求められたマトリクスVを用いてVon Kriesの色順応モデルによる変換を行う。なお、逆方向に変換を行う場合は、マトリクスVの逆マトリクスV⁻¹を求めてこの逆マトリクスV⁻¹を用いて変換を行う。

【0117】なお、本発明においては、必ずしもVon Kriesの色順応モデルに限るものではなく、その他の色順応モデルを用いることができるのはいうまでもない。そのときにはそれぞれの順応モデルに対応する所定のパラメータをパラメータ設定手段30により設定すればよい。

【0118】一方、NIFCRTが表現し得るダイナミックレンジとDPが表現し得るダイナミックレンジとは

L(0.8374 0.1626)

M(2.3021 1.3021)

S(0.1669 0.0000)

White: D65

$$\begin{bmatrix} 0.40024 & 0.70760 & -0.08081 \\ -0.22630 & 1.16532 & 0.04570 \\ 0.00000 & 0.00000 & 0.981822 \end{bmatrix}$$

White: Se

$$\begin{bmatrix} 0.38971 & 0.68898 & -0.07868 \\ -0.22981 & 1.18340 & 0.04641 \\ 0.00000 & 0.00000 & 1.000000 \end{bmatrix}$$

【0114】生理白色に関しては、上記の変換行列のいずれを用いても、マトリクスM・D・M⁻¹は下記になる。

【0115】

【数12】

異なる。そこで、非発光順変換LUTと発光逆変換LUTを参照して、変換レンジ情報作成手段52により、DPとNIFがそれぞれの明るさまで表現し得るかに基づいて変換レンジ情報を作成する。

【0119】ここで、DPのダイナミックレンジはプリントの白地を基準白色とすると、明るさL* = 約5～100.0であり、NIFCRTのダイナミックレンジはCRTの白を基準白色とすると、定義式通りに明るさL* = 0.0～100.0である。したがって、L*a*b*モデルを用いたL*a*b*マッチングを行うと、DPにおけるプリントの黒(R, G, B) = (0, 0, 0)はNIFCRTの(R, G, B) = (15, 16, 2

1) に変換されることとなる。ここで、CRTの黒は実際には暗室内でCRTを観察すると、CRTの暗電流のため明るさを持ち、さらにNIFCRTの観察環境では、CRT白色の1%が管面反射するため、 $L^* = 9$ 程度の明るさを有することとなる。このため、実際にはNIFCRTの黒を(0, 0, 0)以下に下げる必要がある。このため、定義されたNIFCRT式を用いるだけでなく、さらに可能な限りCRTのダイナミックレンジを使い切るような処理を施す必要がある。

【0120】ダイナミックレンジの白は上述したVon Kriesの色順応モデルを用いるため、DPのプリントの白(R, G, B) = (255, 255, 255)は必ずNIFCRTの白(R, G, B) = (255, 255, 255)に変換されるため、問題はない。ここで、CRTの管面反射による影響は、視覚的には黒が浮いてshadowのみが寝たような変化を来すものである。このため、可能な限りCRTのダイナミックレンジを使い切るように階調をたてる処理を施す。この階調をたてるためのダイナミックレンジの変換レンジの計算を図13に示す。まず、ステップS1において、上述したようにして算出した非発光順変換LUT1を用いて、プリント上の黒色(R, G, B) = (0, 0, 0)を変換するととも

$$L^* = (L^* w1 - L1^*) / (L^* w0 - L0^*) \times (L^* - L0^*) + L1^* \quad (18)$$

但し、 L^* は変換レンジ情報であり、上記式(18)においては、白が $L^* w0$ から $L^* w1$ と変換されるものとする(実際には $L^* w0 = L^* w1$ である)。なお、この場合、変換レンジ情報として L^* ではなく、Yを使用してもよい。

【0123】次に、上述のようにして求められた非発光順変換LUT1に基づいてDPの画像データのダイナミックレンジをNIFCRTの画像データのダイナミックレンジに変換するダイナミックレンジ補正と、DPに表示された画像とNIFCRTに表示された画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、色順応モデル(ここでは上述のようにVonKriesの色順応モデルを用いる。)に従って、DPのRGBデータをNIFCRTのRGBデータに変換する色変換とを行う。

【0124】本構成例における具体的なダイナミックレンジ補正と色変換とは以下のようにして行われる。まず、非発光順変換LUT1に基づいて、DPに表示されるRGBデータを各格子点ごとにXYZデータに変換する。次に、先に求められているVon Kriesの行列に基づいて、Von Kriesの色順応モデルに従ったデータ変換を行い、先ほど求めた変換レンジ情報に基づいて、このXYZデータのダイナミックレンジ補正を行い、最後に、発光逆変換LUT4に基づいて、XYZデータをNIFCRTのRGBデータに変換する。このようにして、DPに表示されるRGBデータと求められたそれぞれのNIFCRTのRGBデータとの対応関係をLU

に、ステップS2において、Von Kriesの色順応モデルにより変換された黒色の $L^ a^* b^*$ データ($L0^*, a0^*, b0^*$)を得る。次いで、ステップS3において、 $L^* a^* b^*$ データ($L0^*, a0^*, b0^*$)を発光逆変換LUT4により変換してプリント上の黒色をNIFCRT上の黒色に変換した値を得る。そして、ステップS4においてこの値が色再現域内にあるか否かを判断し、色再現域内にある場合は、上記 $L^* a^* b^*$ データ($L0^*, a0^*, b0^*$)を($L1^*, a1^*, b1^*$)として得る。一方、ステップS4が否定された場合は、ステップS5に進み、 $a0^*, b0^*$ を同じ値に保ったまま、 L^* から ΔL^* を減算して L^* の値を調節する。ここで、 $a0^*, b0^*$ を同じ値に保つのは、DPのグレースケールバランスを代えずに階調をたてられる限界を計算するためである。そして、上記ステップS3～ステップS5の処理をステップS4が肯定されるまで繰り返し、 $L^* a^* b^*$ データ($L0^*, a0^*, b0^*$)の値($L1^*, a1^*, b1^*$)を得る。

【0121】このようにして、($L1^*, a1^*, b1^*$)が求められると、下記の式によりダイナミックレンジ補正処理を行う。

【0122】

T状に記憶手段70に記憶することによって、色順変換テーブル110が作成される。

【0125】次に図1の構成における色逆変換テーブル作成装置によって色逆変換テーブルを作成する方法について説明する。

【0126】基本的にはデータの変換方向が逆である点を除いて、上記色順変換テーブルの作成方法と同様な手法によればよく、発光順変換LUT3に基づいてNIFCRTのRGBデータのダイナミックレンジをDPのRGBデータのダイナミックレンジに変換するダイナミックレンジ逆補正と、NIFCRTに表示された画像とDPに表示された画像との間の知覚される色の見え方が等しくなるように、色順応モデル(ここでは上述のようにVonKriesの色順応モデルを用いる。)に従って、NIFCRTのRGBデータをDPのRGBデータに変換する逆色変換とを行う。本構成例におけるダイナミックレンジ逆補正と逆色変換について、簡単に説明すると以下のようになる。

【0127】まず、Von Kriesの色順応モデルに従ったデータ変換を行うために、上記VonKriesの行列の逆行列を計算手段34により計算する。この際に用いられるパラメータは上記Von Kriesの行列の計算を行ったものと同じものを用いればよい。なお、特にパラメータを設定することなく、上記Von Kriesの行列のみを受け取って、直接逆行列を計算するようにしてもよい。

【0128】次に、発光順変換LUT3に基づいて、N

IFCRTに再現され得るRGBデータを各格子点ごとにXYZデータに変換して、先ほど求めた変換レンジ情報に基づいて、このXYZデータのダイナミックレンジ逆補正を行う(「逆」と称しているのみで、考え方は上記ダイナミックレンジ補正と手法は同じであるが、変換レンジ情報は、上記式(18)を右辺の L^* について解いた式とする。)。さらに、先程求めたVon Kriesの逆行列に基づいて、Von Kriesの色順応モデルに従ったデータ変換(ここではまだXYZデータである)を行い、最後に、非発光逆変換LUTに基づいて、XYZデータをDPのRGBデータに変換する。このようにして、NIFCRTに再現され得るRGBデータと求められたそれぞれのDPのRGBデータとの対応関係をLUT状に記憶手段70に記憶することによって、色逆変換テーブル210が作成される。

【0129】このように、色逆変換テーブルを作成するに際して、色順変換テーブルを作成したときと同じ変換レンジ情報を用いてダイナミックレンジ逆補正を行い、また、同じパラメータに基づくVonKriesの色順応モデルに従ったデータ変換を行うことにより、DPの画像データを一旦NIFCRTの画像データに変換し、再度DPの画像データに戻したとしても、DPの画像データを再度変換されたDPの画像データとは同一のデータとなり、データの変換を行う際に生じがちな画像データの破綻を来すことが殆どない。

【0130】また、上記説明では非発光順変換関係、非発光逆変換関係、発光順変換関係、発光逆変換関係をLUT状にして用いているが、必ずしもLUTにする必要はなく、例えば所定の関数として表して使用することもできる。

【0131】本発明による色順変換テーブルおよび色逆変換テーブル(上述のように、まとめて色変換テーブルと称す。)は、写真などのハードコピーを行うプリンタと、CRT表示装置とを組み合わせたDPCのシステムなど、非発光表示媒体に表示されたハードコピー画像と、CRT表示装置などの発光表示媒体に表示されたソフトコピー画像とが同じ色の見え方となるように画像データの変換を行うシステム(画像の色変換装置)に適用することができる。図6は、上記のようにして求められた色変換テーブルを用いた画像の色変換装置の一構成例を示した図である。この色変換装置は、プリント用RGBデータをCRT用RGBデータに変換する画像データ変換手段100、色順変換テーブル110、CRT用RGBデータをプリント用RGBデータに変換する画像データ逆変換手段200、色逆変換テーブル210、デジタル写真ラボ機入力部300、ラボ機出力部用セットアップ部310、320、デジタル写真ラボ機出力部330およびCRT340から構成されている。

【0132】カメラなどにより撮影されたフィルムがデジタル写真ラボ機入力部300に入れられ、現像処理など

の所定の処理が成された後、ラボ機出力部用セットアップ部310でプリント用RGBデータに変換されて出力される。また、電子カメラ、FD(フロッピーディスク)などの電子画像媒体による画像データがラボ機出力部用セットアップ部320に入力され、フィルムと同様にプリント用RGBデータに変換されて出力される。これらプリント用RGBデータはデジタル写真ラボ機出力部330に送られて、デジタル写真ラボ機出力部330によってプリント出力される。

10 【0133】一方、プリント用RGBデータは画像データ変換手段100にも送られており、ここでは色順変換テーブル110を参照してプリント用RGBデータがCRT用RGBデータに変換される。この変換されたCRT用RGBデータはCRT340に送られて、可視画像としてCRT上に表示される。また、このようにして変換されたCRT用RGBデータをフロッピーディスクなどに記録し、これをユーザに提供して、ユーザ自身のパソコンなどのCRTにより表示することもできる。この場合、ユーザはCRTに表示された画像に文字を入力するなどの処理を施すことができ、この処理が施された画像データをフロッピーディスクなどに記憶して写真店に持ち込みプリントとして再生することもできる。この場合、CRT用RGBデータは、画像データ逆変換手段200に送られ、ここでは色逆変換テーブル210を参照してCRT用RGBデータがプリント用RGBデータに変換され、デジタル写真ラボ機出力部330に送られて、デジタル写真ラボ機出力部330によってプリント出力される。

20 【0134】このような構成により、プリント用RGBデータとCRT用RGBデータとのデータ変換を相互に色変換テーブルを参照して行うことによって、例えば、フィルムや電子映像媒体などの種々のプリント用の画像データに対しても、プリントされた画像とCRTに表示された画像との色に見え方が同じになるように、データの変換を行うことができる。従って、大量に本プリントを行う場合であっても、実際にプリプリントを行うまでもなく、CRTの表示画像のみによって高精度な色校正を行うことが可能となる。

30 【0135】なお本実施の形態においては、CRT用RGBデータとして、プリント用RGBデータから変換されたもののみを用いるような構成としているが、必ずしもこれに限るものではなく、他の信号処理が施された画像データをCRT用RGBデータとして入力し、この画像データを色変換テーブルを参照してプリント用RGBデータに変換することによって、他の信号処理が施された画像データのCRT表示画像と変換されたRGBデータによりプリントされた画像とが同じ色の見え方となるようにする装置としても使用することができるのはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

40 【図1】本発明による色変換テーブル作成装置の概略ブ

ロック図

【図2】上記色変換テーブル作成装置を構成する非発光順変換関係を求める手段および非発光逆変換関係を求める手段の詳細ブロック図

【図3】上記色変換テーブル作成装置を構成する発光順変換関係を求める手段および発光逆変換関係を求める手段の詳細ブロック図

【図4】上記色変換テーブル作成装置におけるデータ変換の例を説明する図

【図5】上記色変換テーブル作成装置における色変換テーブル作成方法を説明する図

【図6】本発明による画像の色変換装置の概略構成図

【図7】RGBデータの説明図

【図8】RGB空間とXYZ空間の変換関係を示す図

【図9】体積補間を説明するための図

【図10】X-RG空間で表したRGBデータおよび仮想RGBデータを説明するための図

【図11】最小自乗法による仮想色信号生成を説明するための図

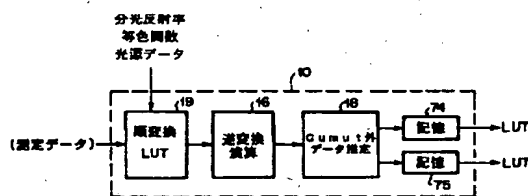
【図12】(a)は圧縮処理の説明図、(B)はクリッピング処理の説明図

【図13】ダイナミック変換レンジの計算を示すフローチャート

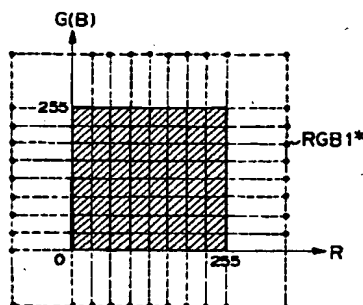
【符号の説明】

- 1 色順変換テーブル作成装置の主要部
- 2 色逆変換テーブル作成装置の主要部
- 10 非発光変換LUT作成手段

【図2】



【図7】



12 非発光順変換LUT作成手段(非発光順変換関係を求める手段)

14 非発光逆変換LUT作成手段(非発光逆変換関係を求める手段)

20 発光変換LUT作成手段

22 発光順変換LUT作成手段(発光順変換関係を求める手段)

24 発光逆変換LUT作成手段(発光逆変換関係を求める手段)

30, 32 パラメータ設定手段

40, 42 仮想画像データ設定手段

50 ダイナミックレンジ補正手段

52 変換レンジ情報作成手段

54 ダイナミックレンジ逆補正手段

60 色変換手段

62 非発光順変換手段

64 色順応変換手段

66 発光逆変換手段

70, 72 記憶手段

80 逆色変換手段

82 発光順変換手段

84 色順応逆変換手段

86 非発光逆変換手段

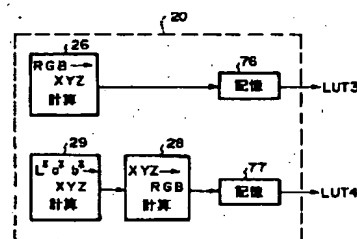
100 画像データ変換手段

110 色順変換テーブル(LUT)

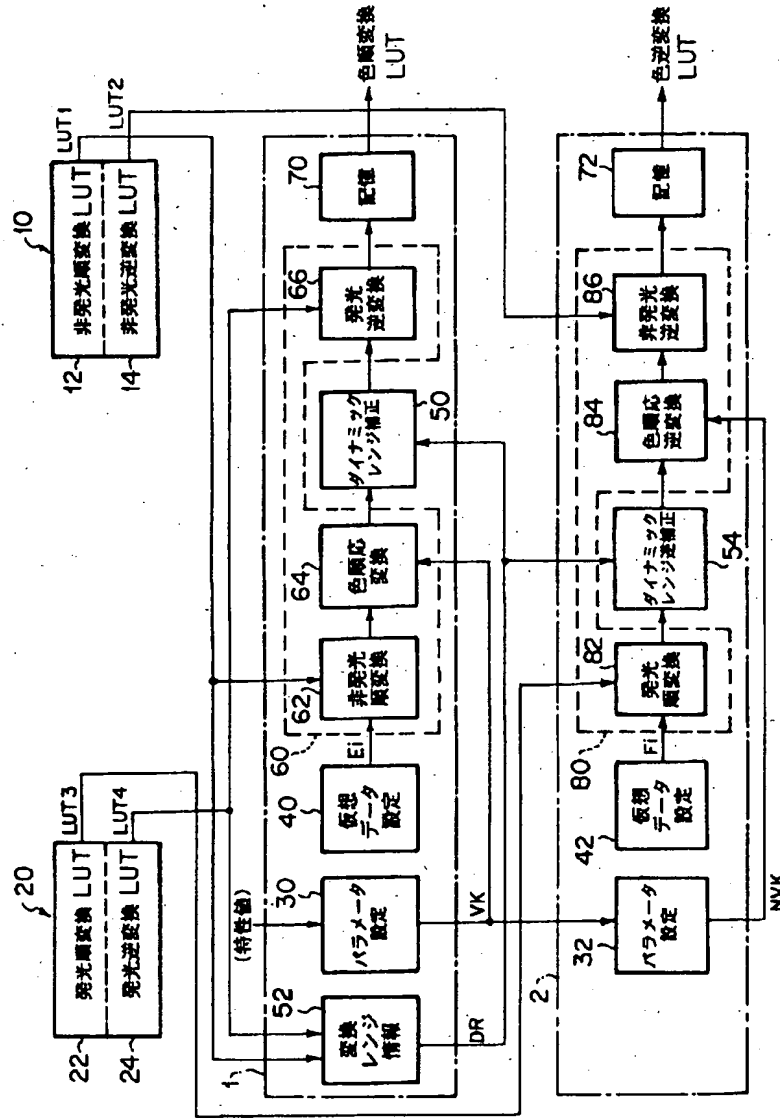
200 画像データ逆変換手段

210 色逆変換テーブル(LUT)

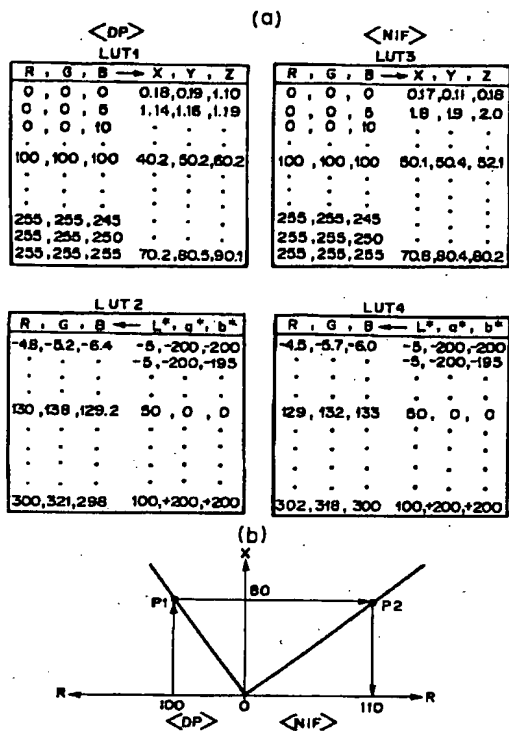
【図3】



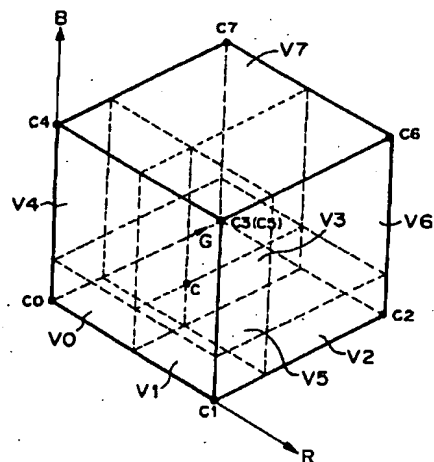
【図1】



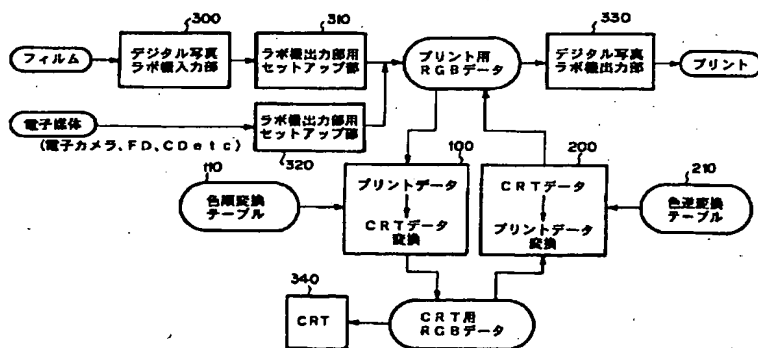
【図4】



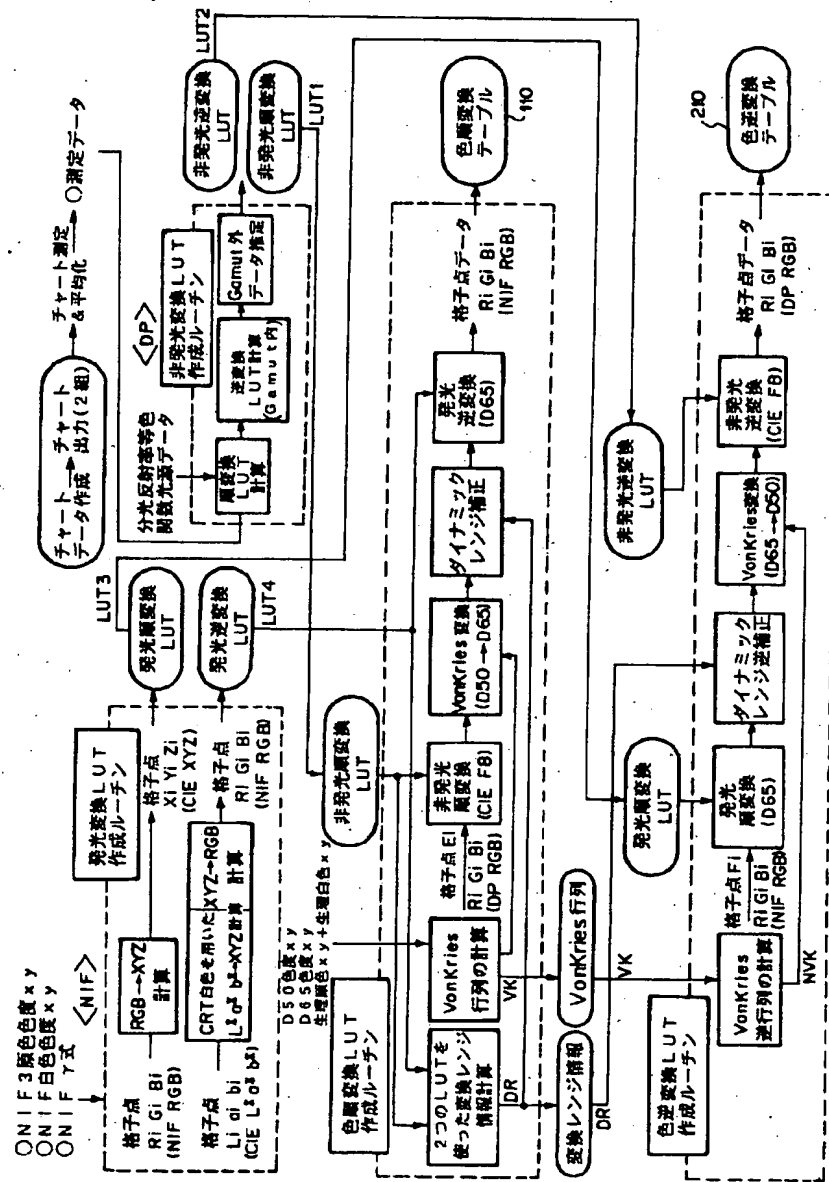
【図9】



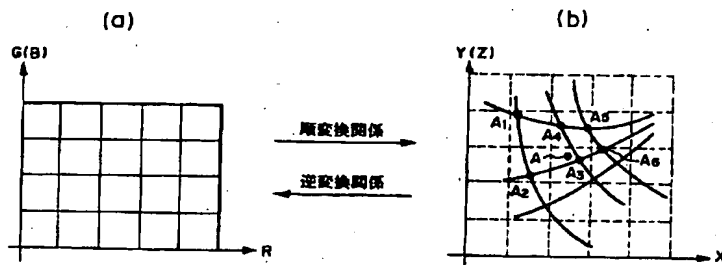
【図6】



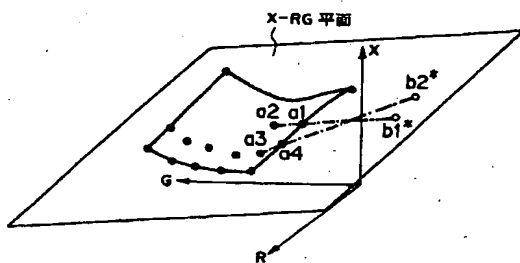
【図5】



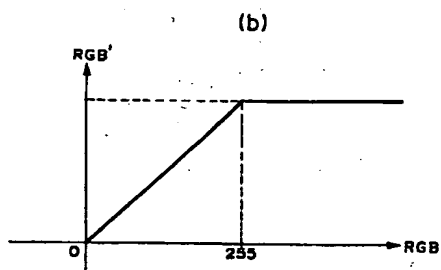
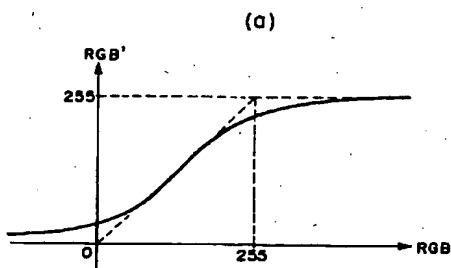
【図8】



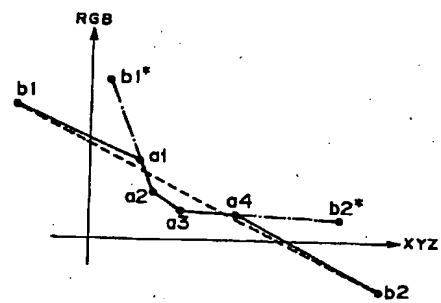
【図10】



【図12】



【図11】



【図13】

